

# **PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA SAVONIUS WATER TURBINE PADA ALIRAN AIR DALAM PIPA**

## **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik



Oleh:

**IMRON HAMZAH**  
**NIM. I1414022**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2017**



**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR  
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Transfer Teknik Mesin**

Nomor : **0721/TA/S1/06/2016**

Nama : **IMRON HAMZAH**  
NIM : **11414022**  
Bidang : **Konversi Energi**  
Pembimbing 1 : **DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT/197106151998021002**  
Pembimbing 2 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**  
Penguji : **1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT./ 197104251999031001**  
**2. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT/**  
**197403262000031001**  
**3. Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng/**  
**198308182014041001**  
Mata Kuliah Pendukung  
**1. AERO DAN HIDRO DINAMIKA (MS06033-10)**  
**2. TURBIN (MS04043-15)**  
**3. POMPA DAN KOMPRESOR (MS06103-15)**

Judul Tugas Akhir

**"PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA  
SAVONIUS WATER TURBINE PADA ALIRAN DALAM PIPA**

ii

Surakarta, **2016-06-08 10:12:08**  
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

**DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT**  
**NIP. 197106151998021002**

Tembusan :

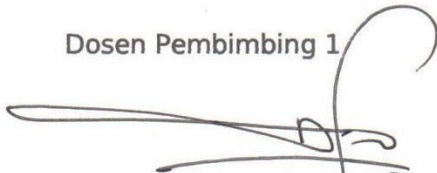
1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

# **PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA SAVONIUS WATER TURBINE PADA ALIRAN DALAM PIPA**

Disusun Oleh

**IMRON HAMZAH**  
NIM : 11414022

Dosen Pembimbing 1



**DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT**  
NIP. 197106151998021002

Dosen Pembimbing 2



**D. DANARDONO, ST, MT, PhD**  
NIP. 196905141999031001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **05-01-2017**, pukul **09:00:00**, bertempat di **M.101, gd.1 FT-UNS**.

1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.  
197104251999031001
2. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT  
197403262000031001
3. Sukmaji Indro Cahyono, ST, MEng  
198308182014041001

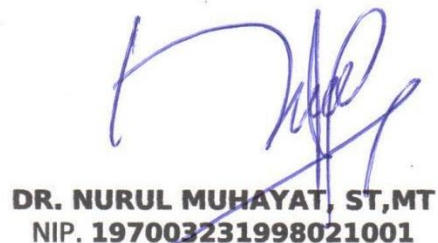


Kepala Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Surakarta



**DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT**  
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir



**DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT**  
NIP. 197003231998021001

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat kepada penulis sehingga penulis mampu melaksanakan dan menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Unjuk Kerja *Savonius Water Turbine* pada Aliran Dalam Pipa” dengan baik.

Tidaklah mungkin bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini tanpa bantuan dari beberapa pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang membantu dan mendukung dalam melaksanakan tugas akhir dan penulisan naskah skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Syamsul Hadi S.T., MT, selaku Dosen pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, nasehat dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak D. Danardono, S.T., MT, PhD, selaku Dosen Pembimbing II yang turut memberikan bimbingan, nasehat dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Budi Kristiawan, ST., MT, Bapak Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, ST, MT, Bapak Sukmaji Indra Cahyono, ST, M.Eng, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran yang membangun untuk tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Nurul Muhyat, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret.
5. Bapak Dr. Eng Syamsul Hadi S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
6. Seluruh staf dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang turut serta mendidik penulis hingga menyelesaikan studi S1.
7. Seluruh staf karyawan administrasi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan kemudahan dalam hal administrasi.

8. Bapak, Ibu, kakak-kakak dan adik saya atas doa, nasihat, motivasi, dukungan dalam menyelesaikan skripsi.
9. Rekan tim Picohidro 2 (Pak Eri, Alpriza, Ari, Hasnul, Sidik, Taufan).
10. Rekan-rekan seperjuangan di Teknik Mesin Non Reguler UNS angkatan 2014.
11. Dan semua pihak yang telah mendukung kelancaran skripsi penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Pada akhirnya penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak supaya menjadi masukan yang sangat berguna bagi penulis untuk memperbaiki dan menyempurnakan penulisan lain yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca dan bagi penulis pada khususnya.

Surakarta, januari 2017

Penulis

## ABSTRAK

### STUDI PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA SAVONIUS WATER TURBINE PADA ALIRAN AIR DALAM PIPA

Jurusan Teknik Mesin

Universitas Sebelas Maret

[imronhamzah@student.uns.ac.id](mailto:imronhamzah@student.uns.ac.id)

Turbin savonius dikenal mampu bekerja secara efisien pada kecepatan angin yang rendah. Penelitian kali ini menggunakan turbin savonius sebagai turbin pada pebangkit *picohydro* yang diletakkan di dalam pipa vertikal dengan diameter 3 inci sebagai pemanfaatan air hujan dan air limbah rumah tangga. Turbin savonius yang digunakan mempunyai sudut kelengkungan sudu  $70^\circ$ , *aspect ratio*  $D/H = 1$  dengan diameter  $D = 82$  mm dan panjang turbin  $H = 82$  mm, rasio *endplate* ( $D_0/D$ ) yang digunakan adalah 1,1. Studi eksperimental dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap performa turbin Savonius. Penelitian kali ini membandingkan turbin Savonius 2, 3, 4, 5, dan 6 sudu dilihat dari daya yang dihasilkan pada beberapa variasi debit. Selain itu juga dilakukan simulasi menggunakan SolidWork 2013 guna memudahkan dalam mengamati fenomena yang terjadi. Variasi debit yang digunakan adalah  $2,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $5,751 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $8,166 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $11,38 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ . Hasil yang didapatkan, jumlah sudu turbin berpengaruh terhadap performa turbin. Turbin savonius 3 sudu menghasilkan daya yang paling besar dibanding dengan turbin dengan jumlah sudu lainnya pada tiap variasi debit.

Keyword : turbin savonius, sudu, *picohydro*, jumlah sudu

## **ABSTRACT**

### **BLADDE NUMBER OF TURBINE EFFECT ON PERFORMANCE SAVONIUS WATER TURBINE IN WATER PIPELINES**

Jurusan Teknik Mesin

Universitas Sebelas Maret

[imronhamzah@student.uns.ac.id](mailto:imronhamzah@student.uns.ac.id)

*Savonius is known as wind turbine that work efficiently at lower wind speed. In this reaserch, Savonius turbine is used for picohydro power plant that is installed on 3 inch vertical pipe for rain water and houshold waste. Savonius turbine were designed with angle of blade  $70^\circ$ , aspect ratio  $D/H = 1$  with diameter of turbine  $D = 82$  mm and length  $H = 82$  mm, endplate ratio  $D_o/D = 1,1$ . The experiment study was investigated, the effect of number of blades on the performance of Savonius turbine. In this reaserch, Savonius turbine with 2, 3, 4, 5, and 6 blades were compared to show the power that can be generated on some various volume flow rate. In addition, SolidWork 2013 simulation was held to make analyzing phenomenon on system easy. The variations of volume flow rate are  $2,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $5,751 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $8,166 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $11,38 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ . The result show that number of blades influence the performance of Savonius turbine. Savonius turbine with 3 blades has highest power generate than others on every volume flow rate variations.*

*Keyword: savonius turbine, blade, picohydro, number of blade*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Ujian Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori.....	9
2.2.1 Turbin.....	9
2.2.2 Pemilihan turbin.....	12
2.2.3 Kecepatan fluida.....	13
2.2.4 Debit fluida.....	13
2.2.5 Daya fluida.....	14
2.2.6 Daya alternator.....	14
2.2.7 <i>Coefficient of Power (Cp)</i> .....	14
2.2.8 <i>Tip Speed Ratio (TSR)</i> .....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Lokasi Penelitian.....	16
3.2 Alat Pengujian.....	16
3.3 Bahan Pengujian.....	17



3.4 Kondisi Simulasi .....	19
3.5 Prosedur Pengujian.....	19
3.5.1 Pengambilan data variasi debit.....	19
3.5.2 Pengambilan data putaran (rpm), arus dan tegangan listrik.....	19
BAB IV PEMBAHASAN.....	22
4.1 Analisa <i>Computational Fluid Design (CFD)</i> .....	22
4.2 Analisa Perhitungan.....	24
4.2.1 Pengaruh debit fluida terhadap daya fluida yang dihasilkan.....	24
4.2.2 Pengaruh jumlah sudu turbin terhadap putaran turbin.....	25
4.2.3 Pengaruh debit air terhadap daya alternator.....	27
4.2.4 Pengaruh jumlah sudu turbin terhadap daya turbin.....	30
4.2.5 Pengaruh <i>Tip Speed Ratio (TSR)</i> terhadap <i>Coefficient of Power (Cp)</i> .....	36
BAB V PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	a. Turbin Savonius, b. Skematik Turbin (Sarma dkk, 2014).....	4
Gambar 2. 2	Variasi <i>Power Exracted</i> Turbin terhadap Daya Maksimum .....	4
Gambar 2. 3	Block Diagram Pembangkit Listrik Menggunakan Sistem <i>RWH</i> (Rosmin dkk, 2015).....	5
Gambar 2. 4	Perbandingan Antara Daya yang Dihasilkan terhadap Kecepatan Putar Sudu, untuk Variasi Volume Air pada Penampung (Rosmin dkk, 2015).....	6
Gambar 2. 5	Geometri Rotor untuk Turbin dengan Sudut Sudu 60° (Ahmed dkk, 2012).....	7
Gambar 2. 6	Skematik Rotor Turbin Angin Savonius (Ali, 2013).....	8
Gambar 2. 7	Grafik <i>Power Coefficient</i> terhadap <i>Tip Speed Ratio</i> Dua Sudu dan Tiga Sudu (Ali, 2013).....	8
Gambar 2. 8	(a) Desain Turbin Savonius dan (b) Bentuk Penampang Melintang Turbin Dua Sudu (Wenehenubun dkk, 2015).....	9
Gambar 2. 9	Grafik <i>Power Coefficient (CP)</i> dengan <i>Tip Speed Ratio</i> Untuk Dua Sudu, Tiga Sudu dan Empat Sudu (Wenehenubun dkk, 2015) .....	9
Gambar 2. 10	Turbin <i>Impullse</i> .....	10
Gambar 2. 11	Turbin Cross Flow .....	11
Gambar 2. 12	Turbin Kaplan.....	12
Gambar 2. 13	Pengaplikasian Berbagai Jenis Turbin Air Berdasarkan Ketinggian <i>Head</i> dan Laju Aliran Volume. (Chen dkk, 2013) .....	13
Gambar 3. 1	Skematik Alat Uji Turbin Air Savonius.....	16
Gambar 3. 2	Skematik Cara Kerja Alat Uji.....	17
Gambar 3. 3	Dimensi Turbin.....	18
Gambar 3. 4	Variasi Turbin Savonius .....	18
Gambar 3. 5	Boundary Condition pada Simulasi (a) Inlet Volume Flow (b) Static Pressure.....	19
Gambar 4. 1	Grafik Pengaruh Sudut Putar Terhadap Torsi Simulasi.....	23
Gambar 4. 2	Grafik Pengaruh Jumlah Sudu Turbin terhadap Torsi Rata-rata Simulasi .....	23

Gambar 4. 3	Grafik Pengaruh Debit Air terhadap Daya Fluida .....	25
Gambar 4. 4	Grafik Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Putaran Turbin pada Variasi Debit.....	26
Gambar 4. 5	Arah Aliran Air pada Turbin 6 Sudu pada (a) $2,94 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ dan (b) $5,751 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ .....	27
Gambar 4. 6	Grafik Pengaruh Debit Fluida terhadap Daya Alternator pada Tiap Turbin .....	28
Gambar 4. 7	Skematik Metode <i>Prony Break</i> .....	31
Gambar 4. 13	Grafik Jumlah Sudu Terhadap Daya Turbin pada Variasi Debit ..	32
Gambar 4. 14	Grafik Hubungan <i>Tip Speed Ratio</i> dengan <i>Coefficient of Power</i> ...	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Sudut Putar pada Masing-Masing Turbin.....	22
--	----

## DAFTAR SIMBOL

$C_p$	: <i>Coefficient of Power</i>	
$D$	: diameter turbin	(m)
$F$	: gaya	(Nm)
$g$	: kecepatan gravitasi	(m/s <sup>2</sup> )
$h$	: beda ketinggian	(m)
$i$	: arus	(ampere)
$n$	: putaran turbin	(rpm)
$P_{gen}$	: daya generator	(Watt)
$P_{in}$	: daya fluida	(Watt)
$P_t$	: daya turbin	(Watt)
$Q$	: debit aliran fluida	(m <sup>3</sup> /s)
$r$	: jari-jari poros	(m)
$t$	: waktu pengisian gelas ukur	(s)
$T$	: torsi	(Nm)
$TSR$	: <i>Tip Speed Ratio</i>	
$v$	: tegangan	(volt)
$v$	: kecepatan fluida	(m/s)
$V$	: volume gelas ukur	(m <sup>3</sup> )
$W_0$	: beban awal	(kg)
$W_l$	: beban setelah poros berputar	(kg)
$\rho$	: massa jenis air	(kg/m <sup>3</sup> )
$\omega$	: kecepatan <i>angular blade</i>	(rad/mnt)
$\eta_{gen}$	: efisiensi generator	

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Simulasi.....	40
Lampiran 2 Desain Turbin Tiap Variasi.....	42
Lampiran 3 Kontur Kecepatan Air.....	44
Lampiran 4 Kontur Tekanan.....	46
Lampiran 5 Data Percobaan.....	49
Lampiran 6 Dimensi Dalam Housing Turbine.....	53
Lampiran 7 Contoh Perhitungan.....	54
Lampiran 8 Data Hasil Perhitungan.....	57
Lampiran 9 Physical Properties of Water (SI Unit).....	58